

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

H01L 33/00



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410005806.6

[43] 公开日 2004 年 8 月 25 日

[11] 公开号 CN 1523684A

[22] 申请日 2004. 2. 19

[21] 申请号 200410005806.6

[30] 优先权

[32] 2003. 2. 19 [33] JP [31] 2003 - 041060

[71] 申请人 日亚化学工业株式会社

地址 日本德岛县

[72] 发明人 杉本康宜 米田章法

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公  
司

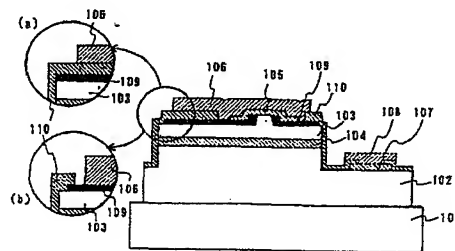
代理人 汪惠民

权利要求书 3 页 说明书 33 页 附图 6 页

[54] 发明名称 氮化物半导体元件

[57] 摘要

一种低电阻、具有可靠性优良的电极结构的氮化物半导体元件，在半导体层上，具有欧姆接触的第 1 电极及连接在其上面的、由不同于第 1 电极的形状构成的第 2 电极，其特征在于：第 1 电极和上述第 2 电极具有由形成第 1 电极表面的第 1 电极的上层和沉积在热处理后的第 1 电极上的第 2 电极的下层构成的接合层区，接合层区由铂族元素构成。



ISSN 1008-4274

- 5        1.一种氮化物半导体元件，在半导体层上，具有欧姆接触的第1电极及连接在其上面的、由不同于上述第1电极的形状构成的第2电极，其特征在于：

      上述第1电极和上述第2电极，具有由形成第1电极表面的第1电极的上层和沉积在热处理后的第1电极上的第2电极的下层构成的接合层  
10    区；

      上述接合层区由铂族元素构成。

- 2.一种氮化物半导体元件，在半导体层上，具有欧姆接触的第1电极及连接在其上面的、由不同于上述第1电极的形状构成的第2电极，其特征在于：

15        上述第1电极和上述第2电极，具有由形成第1电极表面的第1电极的上层和沉积在热处理后的第1电极上的第2电极的下层构成的接合层区；

      上述第1电极的上层和上述第2电极的下层由同一种元素或同一材料构成。

- 20        3.如权利要求1或2所述的氮化物半导体元件，其中，上述第1电极具有由热处理合金化材料构成的下层。

      4.如权利要求1至3中任一项所述的氮化物半导体元件，其中，上述第1电极的上层，由以单一的铂族元素构成的铂族单一层，或铂族元素中的同族元素构成的合金化层构成。

- 25        5.如权利要求1至4中任一项所述的氮化物半导体元件，其中，上述第2电极的下层，由以单一的铂族元素构成的铂族单一层，或铂族元素的合金层构成。

      6.如权利要求1至5中任一项所述的氮化物半导体元件，其中，上述第1电极的上层由Pt构成。

- 30        7.如权利要求1至6中任一项所述的氮化物半导体元件，其中，上述

第2电极的下层由Pt构成。

8.如权利要求1至7中任一项所述的氮化物半导体元件,其中,设置上述第1电极的半导体层表面,具有电极形成区域和绝缘膜形成区域,上述第2电极从上述电极形成区域被覆到绝缘膜形成区域。

5 9.如权利要求8所述的氮化物半导体元件,其中,上述绝缘膜形成区域是夹持带状的上述电极形成区域的多个区域,或被电极形成区域分离的多个区域。

10.如权利要求1至9中任一项所述的氮化物半导体元件,其中,上述氮化物半导体元件,是具有由凸部构成的脊的激光器元件,上述第1电极连接形成在上述脊上面。

11.如权利要求10所述的氮化物半导体元件,其中,在上述脊的两侧面及从其侧面连续的半导体层的平面上,具有第1绝缘膜,同时,具有从第1绝缘膜上连续至上述半导体层的侧面的第2绝缘膜,与上述第2绝缘膜远离地形成上述第1电极。

15 12.如权利要求10或11所述的氮化物半导体元件,其中,用单层或多层结构的密接层被覆上述第1绝缘膜和/或第2绝缘膜。

13.如权利要求12所述的氮化物半导体元件,其中,上述密接层的最上层由含有铂族元素的层构成。

20 14.如权利要求12或13所述的氮化物半导体元件,其中,上述密接层的最上层由与第1电极的上层相同的元素或相同的材料构成。

15.如权利要求12至14中任一项所述的氮化物半导体元件,其中,上述密接层的最上层是Pt。

16.如权利要求12至15中任一项所述的氮化物半导体元件,其中,上述密接层连接形成在上述第1电极的上面或下面。

25 17.一种氮化物半导体元件,具有欧姆接触的第1电极及连接在其上面的、由不同于上述第1电极的形状构成的第2电极,其特征在于:

设置所述第1电极的半导体层表面具有电极形成区域和绝缘膜形成区域,

所述第2电极从所述电极形成区域被覆到绝缘膜形成区域。

30 18.如权利要求17所述的氮化物半导体元件,其中,所述绝缘膜形成

区域是夹持带状的上述电极形成区域的多个区域,或被电极形成区域分离的多个区域。

19.如权利要求 17 或 18 所述的氮化物半导体元件,其中,上述氮化物半导体元件,是具有由凸部构成的脊的激光器元件,上述第 1 电极连接形成在  
5 上述脊上面。

20.如权利要求 17 至 19 中任一项所述的氮化物半导体元件,其中,在上述脊的两侧面及从其侧面连续的半导体层的平面上,具有第 1 绝缘膜,同时,具有从第 1 绝缘膜上连续至上述半导体层的侧面的第 2 绝缘膜,与上述第 2 绝缘膜远离地形成上述第 1 电极。

10 21.如权利要求 20 所述的氮化物半导体元件,其中,用单层或多层结构的密接层被覆上述第 1 绝缘膜和/或第 2 绝缘膜。

22.如权利要求 21 所述的氮化物半导体元件,其中,上述密接层的最上层由含有铂族元素的层构成。

15 23.如权利要求 22 所述的氮化物半导体元件,其中,所述密接层的最上层是 Pt。

## 氮化物半导体元件

5

## 技术领域

本发明涉及一种在采用氮化物半导体的半导体层上设计微小面积(宽度)的电极的半导体元件,具体涉及大电流驱动元件(激光二极管、大功率LED、FET等电子元件、高频元件)。作为半导体元件的具体组成,有  
10 含GaN、AlN或InN,或它们的混晶AlGaN系、InGaN系、AlInGaN系的III-V族氮化物半导体。

## 背景技术

氮化物半导体元件发射从波长比较短的紫外线区到包含红色的可见  
15 光区的宽波长区的波长的光线,其广泛用作构成半导体激光二极管(LD)或发光二极管(LED)等。近年来,随着小型化、长寿命化、高可靠性且高输出化的进展,主要用于个人计算机、DVD等电子装置、医疗设备、加工设备或光纤通信的光源等。

这样的氮化物半导体元件,主要由在蓝宝石基板上依次叠层缓冲层、  
20 n型接触层、裂纹防止层、n型包覆层、n型光波导层、活性层、p型电子封闭层、p型光波导层、p型包覆层、p型接触层等叠层结构体构成。在LED中,可以省略光波导层等。并且,在这样的叠层结构体上设置n和p电极,活性层通过所述电极通电以发射光线。

设在上述的氮化物半导体元件上的电极,在电极和各个半导体层之间  
25 建立欧姆接触的部分具有非常重要的作用,其主要采用单层膜或多层膜形式的功函数大的金属或合金。一些材料只通过在半导体层上成膜金属膜,就能够与半导体层形成欧姆接触,作为此种材料,有由Pd/Pt/Au的多层膜构成的p电极。此外,对于只通过成膜难于与半导体层欧姆接触的材料,通过热处理工序可形成欧姆接触。例如,在采用由Ni/Au的多层膜  
30 构成的p电极时,在成膜(叠层)后,通过合金化可形成透明的欧姆接触。

此外,除与连接半导体层的上述欧姆接触外,还设置接合引线的引出电极(焊点电极)。在采用绝缘性的基板时,由于在同一面侧设置p电极和n电极,在其双方设置焊点电极。在采用n电极时,由于比较容易形成欧姆接触,所以,也可以以欧姆电极作为引出电极。连接到外部电极,而不是引线上的金属导电层可以设置在引出电极上,以使此装置能够倒装。

此外,在n电极和p电极的之间,设置防止短路的绝缘膜,绝缘膜采用氧化物等,用单层膜或多层膜形成。在LD中,绝缘膜用作具有其他功能的功能膜,例如控制电子注入区的电流狭窄层,或用作设在谐振器面的反射膜等。

10 专利文献1:特开2000-299528号公报

但是,上述列举的Ni/Au电极在热处理时表面容易产生损坏。因此,在与焊点电极的界面上,有时电阻增加。此外,当在电极上接合绝缘膜时,存在该绝缘膜在热处理时变质降低其与电极的密接性等问题。此外,在Pd/Pt/Au电极中,由于不进行热处理,不易产生上述问题,但是,如果在元件驱动时元件温度升高,由于此热量的影响,电极特性可能会降低,从而不利地使工作电压升高。此外,在减薄膜厚度时,或大面积形成时,由于结合或机械强度降低,在大电流驱动时会出现问题。

## 发明内容

20 本发明是针对上述问题而提出的,目的是,通过实现与半导体层的接触电阻或焊点电极与欧姆电极之间的界面电阻低的,并且与半导体层或绝缘层的密接性也优良的电极,而提供一种阈值电流或操作电压低的具有优良元件特性的氮化物半导体元件。

25 本发明的氮化物半导体元件,在半导体层上,具有欧姆接触的第1电极及连接在其上面的、由不同于第1电极的形状构成的第2电极,其特征在于:第1电极和第2电极,具有由形成第1电极表面的第1电极的上层和沉积在热处理后的第1电极上的第2电极的下层构成的接合层区;上述接合层区由铂族元素构成。通过设定如此的构成,能够形成具有优良密接性的并且具有操作电压低的电极的氮化物半导体元件。

30 本发明之二的氮化物半导体元件,在半导体层上,具有欧姆接触的第

1 电极及连接在其上面的、由不同于第 1 电极的形状构成的第 2 电极，其特征在于：第 1 电极和第 2 电极，具有由形成第 1 电极表面的第 1 电极的上层和沉积在热处理后的第 1 电极上的第 2 电极的下层构成的接合层区；第 1 电极的上层和第 2 电极的下层由同一种元素或同一材料构成。通过设定  
5 如此的构成，能够形成具有优良密接性的并且具有操作电压低的电极的氮化物半导体元件。

本发明之三的氮化物半导体元件，其特征在于，第 1 电极具有由热处理合金化材料构成的下层。由热处理合金化材料构成的第 1 电极的下层是因热处理伴随若干热变化的层，具有不同于成膜时（热处理前）的层内结构  
10 的层。例如，在成膜时，即使是多层结构，热处理后也不能维持其多层结构，形成合金化材料混合化的合金化层。如本发明所示，通过将半导体层接触的下层形成与其材料无关地由通过热处理而合金化的材料构成的层，与单一沉积在半导体层上的状态的叠层膜相比，能够形成与半导体层的密接性良好的第 1 电极。此外，有时因半导体层的组成或电极材料，  
15 即使不进行热处理，也能欧姆接触。但是，在内部量子效率及外部量子效率低的半导体元件中，由于在元件驱动时产生一些热，所以，有时也因该热而改变特性。所以，即使在由单一元素构成第 1 电极的下层时，通过施加热处理，也能够提高与半导体层的密接性，不易因元件驱动时的热而改变特性。另外，通过由具有这样下层的第 1 电极的上层和第 2 电极的下层  
20 形成接合层区，由铂族元素构成该接合层区，由于也能够提高与第 2 电极的密接性，所以，能够以极优良的密接性从半导体层接合到第 2 电极。由此，能够实现操作电压低的、并且因高输出时的电压不易上升而时效变化小的、可靠性优良的元件。

此外，在由上述热处理合金化材料构成第 1 电极的下层时，即使上层  
25 是铂族元素以外的材料，第 2 电极的下层和第 1 电极的上层是同一种元素或同一材料，只要它们能够维持稳定的特性，也能够形成导电性优良、密接性优良的接合层区。但是，对于在热处理时，第 1 电极的上层和下层反应，被合金化并形成绝缘性的氧化物这样的材料，不能使用。

因此，通过由铂族元素构成第 1 电极的上层和与第 2 电极的下层，而且，利用同一种元素，或铂族元素的合金，或铂族元素的导电性氧化物等，  
30

构成第1电极的上层和第2电极的下层，能够形成电阻极低的、密接性优良的、而且不易时效变化的可靠性优良的电极结构。

本发明之四的氮化物半导体元件，其特征在于，上述第1电极的上层由以单一的铂族元素构成的铂族单一层（Pt、Pd、Rh、Ir、Ru、Os层），或铂族元素中的同族元素构成的合金化层（Ru—Os层、Rh—Ir层、Pd—Pt层）构成。由上述材料构成的上层相对的对热比较稳定。因此，即使在下层形成热处理合金化材料时，该材料也不易与下层合金化，在与下层的界面附近虽引起一些反应，但其反应也不扩展到层内部，能够使界面形成稳定状态。通过用同一种材料形成第1电极的上层和第2电极的下层，能够形成电阻更低的、操作特性稳定的电极。此外，在不是由铂族单一层，而由合金化层构成时，该合金化层内部的材料因热处理被合金化，与单一沉积的合金层相比，结合力增大，变硬。即使在热处理后，也不与下层的热处理合金化材料合金化，维持上层和下层的叠层状态。

此外，第1电极的上层的表面，由于在热处理时曝露于空气，也与空气反应。但是，如果是上述的铂族元素系的层，难与空气反应，特别是难于形成绝缘性高的氧化物层。但是，除存在氧外，认为在一些状态下，也在第1电极上层的表面吸附氧。特别是由于铂族元素是具有催化作用的元素，可以认为在其原子周围，在配位的状态下存在氧。此时的反应将在下面进行说明。

图6是表示氮化物半导体激光器元件的脊周边部的模式图，在形成在氮化物半导体的p型半导体层上的脊的侧面及脊两肋的p型半导体层平面上，形成第1绝缘膜609，在脊上部形成氮化物半导体层，在第1绝缘膜上形成第1电极的下层605（b）及上层605（a），在其上面借助接合层区613形成第2电极的下层606（b）及上层606（a）。在第1电极的热处理工序后，如图6（A）所示，可以看作是在铂族元素的上层的表面吸附（配位）氧的状态。另外，在形成第2电极时，在第1电极表面撞击利用溅射法等加速的第2电极下层的原料。此时，如图6（B）所示，吸附的氧被弹开，代之，通过加速度的铂族原料进入到第1电极内部，开始形成接合层区613。另外，最终，如图6（B）及（C）所示，以共有第1电极的上层606（a）和第2电极的下层606（b）的一部分的状态，形成接



合层区 613。

下述说明对上述反应进行的原因进行解释。。在经过第 1 电极的热处理合金工序后，如图 6 (A) 所示，第 1 电极的吸附氧或配位氧的状态的铂族元素和氧暂时稳定，但也可认为，是通过施加一些外力就容易被切断的弱键而结合的。这种暂时的弱键，例如，如果利用溅射法等形成第 2 电极，通过加速的铂族元素原料到达第 1 电极的表面（上层的表面）时的撞击，能够容易被切断。除利用溅射这样的机械力外，例如，也可以通过加热等切断与氧的结合。

如果与铂族元素的结合被切断而去除配位（吸附）的氧，可以认为第 1 电极表面存在的铂族元素为不稳定状态（活性状态）。因此，第 1 电极和第 2 电极的界面，在破坏或消失的状态下形成第 2 电极的初期体积区域，容易形成两者混合存在的接合层区 613。即，在热处理后的第 1 电极和沉积在其上面的第 2 电极的之间，不存在明确的不连接面（界面），形成极像连续形成的状态。如果在第 1 电极的表面形成稳定的氧化物，例如，即使在其内部不形成氧化物时，也难通过溅射切断表面的氧化物的结合，但是，由于如果只是单一配位的氧就容易切断结合，所以，在不存在氧的状态下或通过成膜（沉积）时的撞击消失或分散薄的表层部的含氧区的状态下，能够使第 1 电极的上层的铂族元素和第 2 电极的下层的铂族元素相互之间结合。

此外，第 1 电极的上层如果是上述材料，由于内部具有延展性和可压缩性，加速的原料容易进入到第 1 电极上层的内部。能形成此种结合是由于，即使进行热处理，其表面也难于形成氧化物，而且，由具有延展性的材料即铂族元素及铂族元素的同族的合金构成的材料形成在第 1 电极的上面。

在将金属元素中具有最大延展性的 Au 用作第 1 电极时，如果 Au 单独使用，由于难于确立与氮化物半导体的欧姆接触，所以可以采用下层具有 Au 以外的金属元素，在其上层使用 Au。但是，在将 Au 用于第 1 电极的上层时，由于在电极热处理时极容易扩散，与用于下层的其他元素的合金化反应，也容易从外部夺取氧，进入整个层内。因此，在成膜时，最上层的 Au 向层内部移动，结果，减少最上层的 Au，或者，露出下层使用的

Au 以外的金属, 容易产生氧化物。这样, 表层(上层)含有 Au 的第 1 电极, 在第 1 电极热处理后的与第 2 电极的界面夹杂绝缘性的氧化物膜等, 增大电势阱, 降低与第 2 电极的密接性。此外, 工作特性也不稳定。按照本发明, 通过将第 1 电极上层设定为铂族元素构成的层, 能够形成低电阻的电极。

在第 1 电极的上层, 铂族元素的同族以外的合金, 例如, 在是 Pt-Ir 合金等 Pt 以外的铂族元素与 Pt 的合金时, 通过溅射去除配位在表面的氧, 能够在界面不易存在氧的状态下, 与第 2 电极的下层的铂族元素结合。但是, 因该合金硬, 延展性差, 由于加速的原料难于进入到合金内部, 所以接合层区的厚度几乎没有。由此, 认为与采用富有延展性的材料时相比, 结合稍微减弱(减小接合层区)。但是, 在作为不考虑延展性的第 2 电极的下层, 通过同时溅射异种原料等形成该合金时, 无任何问题, 能够实现与第 1 电极的上层的良好密接性。

此外, 除铂族单一层或由上述铂族元素构成的合金化层外, Rh 氧化物、Pd 氧化物、Ru 氧化物等是铂族元素和氧的化合物, 也可以将具有导电性的氧化物用作第 1 电极的上层。这些铂族元素和氧的化合物, 虽然是氧化物, 但通过将其用于第 1 电极的上层, 能够形成低电阻、且与第 2 电极的密接性优良的第 1 电极。铂族元素和氧的化合物, 如上述的单一铂族元素层或铂族元素的合金层, 与只在其表面形成氧化物(结合弱的氧化物)或配位(吸附)氧的状态相比, 与氧的结合强度大。因此推测, 在采用铂族元素的氧化物时, 通过用单一铂族元素层或铂族元素的合金形成接合层区, 不是能够低电阻实现优良密接性的上述机理, 而是另外的机理成立。

作为第 1 电极的上层形成铂族元素的氧化物, 之后, 如果进行热处理的合金化处理, 则在层内部产生热反应。关于第 1 电极的下层, 认为与单一铂族元素层时同样, 保持稳定的界面。认为不同之处在于, 在与空气接触的第 1 电极上层表面附近, 在采用单一铂族元素时, 通过暂时吸附氧, 虚假地达到稳定状态, 但在采用铂族元素和氧的化合物时, 在其表面附近区域和与表面分离的区域(层内部区域), 氧和铂族元素的比率不固定, 根据从第 1 电极的表面的深度, 组成逐渐地产生内部变化。根据热处理时的空气的条件, 表面附近的组成逐渐变化形成富铂族元素层或富氧层这样

的组成,通过破坏成膜时稳定的组成比,活性化的第1电极表面,通过与第2电极的下层的铂族元素结合,成为实质上不形成明确的界面的状态,能实现低电阻的电极。认为这是氧化物具有导电性的铂族元素所特有的,也起因于其催化作用等。

- 5        不论怎样,第1电极的上层,通过热处理后的活性化或者准活性化,在形成第2电极的下层时,通过强固地与其表面的活性种结合,能够形成几乎不存在界面能级的或界面的能级具有缓慢变化的接合层区。如此的结合,主要通过在第1电极和第2电极的界面(接触面),分别设置由主要其自身难于形成氧化物的铂族元素,或即使形成氧化物也能够保持导电性的铂族元素构成的材料,形成上述的接合层区,能够以极低的电阻实现可  
10        靠性优良的电极结构。

- 本发明之五的氮化物半导体元件,其特征在于:第2电极的下层由以单一的铂族元素构成的铂族单一层,或铂族元素的合金层构成。此时,铂族元素不是合金化层(通过热处理形成合金的层),而是在成膜时采用2  
15        种以上铂族元素的混合层(合金层)。沉积在热处理后的第1电极上的第2电极的下层,在沉积初期(成膜初期)的阶段,在第1电极的表面容易受热处理时生成的反应生成物或残存在用于第2电极形成的成膜装置内的杂质等的影响。

- 如果能够不随着装置间移动地,连续形成控制操作区的第1电极和第  
20        2电极,能够抑制形成伴随装置间移动的不连续界面。但是,相对于为了能够欧姆接触,以及为了提高元件的可靠性而需要热处理工序的第1电极,用作引出电极的第2电极,进行非处理或以比第1电极的热处理条件稳定条件的热处理,由于其目的不同,形状也多有不同,优选另外工序形成。因此,通过将在装置间移动后的成膜的初期阶段形成的第2电极的下层形  
25        成为上述的铂族单一层或铂族元素的合金层,难于与附着在第1电极表面上的杂质或反应生成物以及残留在第2电极的成膜装置内的氧等残留成分反应,能够抑制与第1电极的界面的高电阻化。

- 作为第2电极的下层,采用上述以外的材料;例如Ti,如果在第1电极的上层采用Pt,能够高密接性地与第1电极接合。但是,由于Ti容易  
30        与氧结合,与配位(吸附)在第1电极的表面上的氧反应,在成膜初期立

即形成氧化物。因此，形成在第1电极和第2电极的之间夹杂氧（或氧化物）的状态。由于Ti的氧化物是绝缘性的，如果用作第2电极的下层，由于与第1电极的界面形成高电阻，所以不优选。这样，如果单一地选择密接性良好的材料（Ti等），能够抑制基于第2电极被剥离的高电阻化，但是，不能够抑制到基于生成绝缘性的夹杂层的高电阻化。

如上所述，通过将第1电极的上层和第2电极的下层设定为由上述铂族元素系材料构成的层，能够形成氧的存在概率极低的界面区（接合层区）或不存在成为高电阻化的氧化物的接合层区。这样，无论是在第1电极的上层，还是在第2电极的下层的哪一方形成材料，都能够提高电极整体（第1电极和第2电极）的特性，但是，如本发明所述，通过在第1电极和第2电极的接合部配置上述材料，能够形成极优良的电极。特别是，通过将第1电极的上层和第2电极的下层设定为同一种铂族元素的层，能够形成优良的密接性。特别优选是Pt，由此，能够实现操作电压低的、而且即使高输出驱动时时效变化也小的可靠性极高的元件。

本发明之八的氮化物半导体元件，其特征在于：设置第1电极的半导体层表面具有电极形成区和绝缘膜形成区，第2电极从电极形成区被覆到绝缘膜形成区。第1电极接合形成在半导体层，其相接的部分构成电流导通路径。在LD中，为了在波导区高效率地注入电流，此外，即使在LED中，为了向发光层大范围有效地注入电流，也要控制电流的导通路径。此时，不控制第1电极的形成区域，而是通过在半导体层表面形成绝缘膜，形成非导通区，形成第1电极，能够容易控制导通路径。而且，通过覆盖上述的绝缘膜形成区和电极形成区双方地，形成与第1电极接合地形成的第2电极，能够控制使电流高效率地在第1电极中流动。

本发明之九的氮化物半导体元件，其特征在于：绝缘膜形成区是夹着带状的上述电极形成区的多个区，或被电极形成区分离的多个区。在图1所示的LD中，在带状的电极形成区的两侧形成绝缘膜，覆盖其双方区域地形成第2电极。由此，能够在规定的位置稳定形成通向半导体层的电流导通路径。此外，在LED中，在具有晶格状或条带状等的第1电极时，通过在被其第1电极形成区夹着的半导体层露出面上形成绝缘膜，绝缘膜形成区能够形成被第一电极形成区分离成多个区的形式。这样，就能够通

过分离绝缘膜区域，提高取光效率。

本发明之十的氮化物半导体元件，其特征在于：氮化物半导体元件是具有由凸部构成的脊的激光元件，第1电极连接形成在脊上面。LD的脊是在其正下方形成波导区（操作区）的重要部分。并且，在宽度小的该脊上，在元件驱动时，流动大电流。因此，通过形成具有本发明构成的电极，  
5 能够将形成在该区域的电极形成为可靠性极优良的LD元件。

本发明之十一的氮化物半导体元件，其特征在于：在脊的两侧面及从其侧面连续的半导体层的平面上，具有第1绝缘膜，同时，从第1绝缘膜上连续到半导体层的侧面的第2绝缘膜，与第2绝缘膜分离地形成第1电极。  
10 极。

图7(A)是模式图，表示在半导体层上形成脊，在该脊侧面和脊两肋设置第1绝缘膜709，覆盖脊上部和第1绝缘膜上部地形成第1电极。在以Ni/Au等的热处理而合金化的金属膜的叠层结构，形成第1电极的下层时，通过热处理可变化其层构成。此时，不只是在下层的内部，在下层和半导体层的界面以及下层和上层（铂族元素层）的界面，也进行反应，  
15 形成活性的界面区。此时，由于上层是由铂族元素构成的层，通过其催化作用，能够在上层和下层的界面附近向系统外移动氧。由此，通过适量控制与下层内部的反应或下层和半导体层之间的反应有关的氧（空气），能够稳定上层和下层的界面（用粗线表示）。这样，在表面形成铂族元素的层（上层）具有作为热处理时稳定下层合金化的罩层的作用。  
20 层（上层）具有作为热处理时稳定下层合金化的罩层的作用。

此外，由于第1电极下层的构成元素不穿越过上层的铂族元素的层，不能向第1电极的表面移动，所以，能够在稳定状态维持表面。因此，在第1电极上表面，不能形成基于下层的构成元素的绝缘性的氧化物，在与第2电极的之间，形成接合层区713，能够提高密接性。

本发明之十二的氮化物半导体元件，其特征在于：用单层或多层结构的密接层被覆第1绝缘膜和/或第2绝缘膜。电极是为在半导体层注入电流而与半导体层相接地形成的，但是，以限制该注入区或防止短路等目的，也与形成在半导体层上的绝缘膜上相接地形成。电极材料并不总是与绝缘膜相密接粘合。因此，即使第1电极和第2电极的密接性无问题，由于与  
25 绝缘膜的密接性差，也容易剥离，由此，有时导致高电阻化等元件特性的  
30 绝缘膜的密接性差，也容易剥离，由此，有时导致高电阻化等元件特性的

恶化。此时，通过设置用于加强电极和绝缘层的密接性的加强层（密接层），能够抑制第2电极的剥离，抑制元件特性的劣化。

本发明之十三的氮化物半导体元件，其特征在于：密接层的最上层是含有铂族元素的层。通过将由铂族元素构成的上层作为上面，能够形成与第2电极的密接性优良的电极。但是，有时与绝缘膜的密接性未必总是好，特别是与氧化物系的绝缘膜密接性低，具有容易剥离的性质。作为对比，有些金属材料不适宜作为电极材料，但与绝缘膜具有高密接性。图7（C）是表示形成多层结构的密接层时的模式图。在本发明中，通过用将与绝缘膜的密接性优良的材料（金属材料）作为下层和将铂族元素作为上层的密接层711，被覆第1绝缘膜709及第2绝缘膜710，能够将第2电极的形成面设定成绝缘膜的占有区域小的面，能够加强第2电极的密接性。特别是，如图7（C）所示，通过用密接层被覆第1及第2绝缘膜的双方，能够将第2电极的形成区域W2，作为与第1电极705相接的区域W1和与密接层711相接的区域W3相加的全部由铂族元素构成的区域。即，由于第2电极的形成界面能够全部通过金属结合而形成，能够大范围地形成接合层区，所以能够实现极优良的密接性。

本发明之十四的氮化物半导体元件，其特征在于：密接层的最上层由与第1电极的上层相同的元素或相同的材料构成。通过设定这样的构成，可以使在接合形成在第1电极上层和密接层的最上层的上面的与第2电极下层的接触界面上，难以形成高电阻区，而且，由于是同一种材料，能够形成密接性优良的电极结构。

本发明之十五的氮化物半导体元件，其特征在于：密接层的最上层是Pt。由此，能够形成与第2电极的密接性优良的电极结构。

本发明之十六的氮化物半导体元件，其特征在于：密接层连接形成在第1电极的上面或下面。密接层是被覆第1绝缘膜和/或第2绝缘膜的层，但在形成第2电极时，优选不露出由氧化物等构成的绝缘膜。因此，通过形成上层的具有铂族元素的层的密接层，能够更强固地密接第2电极。在图3中，在第1电极的上面形成密接层，但若在第1电极之前形成密接层时，则成为在第1电极的下面形成密接层的形式。由于作为与向半导体层注入电流不相关的层形成该密接层，所以，例如，能够具有作为形成在

LD 的脊附近、控制光学特性的层的功能。特别是作为密接层的下层，通过形成与绝缘膜的密接性优良的 Ti，通过在脊附近形成该层，使其具有作为光吸收区的功能，也能够控制光的封闭。

## 5 附图说明

图 1 是说明本发明的实施方式 1 的氮化物半导体元件的模式剖面图。

图 2 是说明本发明的实施方式 2 的氮化物半导体元件的模式剖面图。

图 3 是说明本发明的实施方式 3 的氮化物半导体元件的模式剖面图。

图 4 是说明本发明的实施方式 4 的氮化物半导体元件的模式剖面图。

10 图 5 是说明本发明的实施方式 5 的氮化物半导体元件的模式剖面图。

图 6 是说明本发明的第 1 电极和第 2 电极的接合层区的形成的模式剖面图。

图 7 是说明本发明的第 1 电极和第 2 电极的接合层区的模式剖面图。

图 8 是说明本发明的实施方式 6 的氮化物半导体元件的模式俯视图

15 (注意：英文原文中无模式俯视图)和模式剖面图。

图中：

101、201、301、401、501、801…基板

102、202、302、402、502、802…n 型氮化物半导体层

20 103、203、303、403、503、803…p 型氮化物半导体层

104、204、304、404、504、804…活性层

105、205、305、405、505、705、805…第 1 电极 (p 侧欧姆电极)

605 (a) …第 1 电极的上层

605 (b) …第 1 电极下层

25 106、206、306、406、506、706、806…第 2 电极 (p 侧焊点电极)

606 (a) …第 2 电极的上层

606 (b) …第 2 电极下层

107、207、307、407、507、807…第 1 电极 (n 侧欧姆电极)

108、208、308、408、508、808…第 2 电极 (n 侧焊点电极)

30 109、209、309、409、509、609、709…第 1 绝缘膜



- 110、210、310、410、510、710…第2绝缘膜
- 311、411、711…密接层
- 512…金属层
- 613、713、813…接合层区
- 5 814…绝缘膜

### 具体实施方式

下面,将对本发明的优选实施方式进行详细地说明,但本发明的氮化物半导体元件并不局限于实施方式中所示的元件结构。

- 10 本发明的氮化物半导体元件,通过设在半导体层上将主要与半导体层欧姆接触的第1电极和主要用作引出电极的第2电极形成成为特定界面的构成,形成密接性优良且界面的电阻低、操作特性极稳定的电极结构。

- 由于第1电极和第2电极的功能不同,其各自的尺寸(宽度·长度)及形状,可根据使用目的或从工序等方面考虑,形成适宜的形状。第1电  
15 极和第2电极只要在操作部相连接就可以,可以不在各自的整个面上连接。在LED的情况下,为使电流在发光层的宽区域内均匀流动,考虑到膜厚及形状等,形成第1电极和第2电极。此外,在p侧电极和n侧电极的配置中,也考虑第1电极和第2电极的接合部,优选能够向发光层注入有效的电流。在LD中,通过在脊上部接合第1电极和第2电极,能够抑制界面  
20 电阻造成的操作电压的上升。在第1电极之后的工序设定的第2电极,以使其底面整面与第1电极相接地形成,或者,也可以其一部分形成在第1电极的上面,其它部分设置为与半导体层上或绝缘膜上相接。

- 在LD中,在形成于半导体层的脊的带状方向,优选第1电极形成与带状的波导区平行的带状,但也并不局限于此。即,第1电极的形状也可  
25 以不是带状,只要成带状地形成与半导体层的接触区就可以。此外,优选遍及与带状平行的方向的波导区的整个区域地设定。但是,考虑到电极形成时的加工工艺,例如光刻和诸如芯片成型的后续步骤,可以选择合适的尺寸和形状。例如,电极向内离开脊带状部的端部形成。

- 优选地,第1电极和第2电极通过对应于整个波导区域的连接区域相  
30 互连接到一起,以实现稳定的操作电压。更优选地,第2电极的长度比



第1电极的长度小,以便不覆盖装置之间的切割区域。

这是因为,第2电极,特别是在形成在最上层的金属是Au时,因其延展性非常不容易分割。此外,通过将脊上部作为连接部,由于能够借助第1电极,高效率地在半导体层中流动注入到第2电极的电流,所以,光线能够稳定地方封闭在波导区内以良好地维持光的光束形状,在稳定阈值的同时,还能够稳定操作电压。

在与脊垂直的方向,需要在脊上部形成第1电极。此外,第1电极,也可以不延伸至从脊远离的区域,可用与脊宽度相同的或比其大的宽度形成。此外,优选在脊的左右以相同的长度形成。此外,优选遍及谐振器的整个区域地,用相同的宽度形成。

此外,第1电极和第2电极通过接合层区相互连接,所述接合层区在与脊垂直的方向具有与脊宽度相同地或以比其大的宽度。由此,能够使操作电压稳定化。如果以比脊宽度窄的范围连接,由于电流注入区狭窄,从而不利地使操作电压上升。尤其优选在脊的上部形成接合面。为了引线接合,第2电极要具有可在脊上部以外的区域接合引线的程度的宽度。该区域由于可以只是带状整个区域的一部分,所以,第2电极的宽度在带状的整个区域上也可以是不相同。

图7(A)至7(C)分别是根据本发明的氮化物半导体装置的第一和第二电极之间的接合区域的剖面图。如图7(A)所示,第2电极706的形成区(宽度)W2优选比第1电极705的形成区W1大,此时,由于通过第2绝缘膜710,能够形成绝缘性优良的元件,所以,能够形成高输出时的可靠性优良的元件。此外,如图7(B)所示,通过与第1电极的形成区W1相比,减小第2电极的形成区(宽度)W2,能够在电极的周围形成绝缘膜露出面。通过该露出的绝缘膜区,在倒装时,能够降低因第2电极的热产生形状变化造成的短路,能够得到高成品率的元件。

也可以在氮化物半导体元件的p侧电极和n侧电极的双方设置本发明的构成,也可以在其一方,但在LD中,更优选在p侧电极设置。其中,也是对具有脊的LD最为有效。此外,在用于双方的电极时,p侧电极和n侧电极的各自的第1电极和第2电极的接合部的铂族元素,也可以是相同的,也可以是不相同的。优选,通过在p侧和n侧的双方的接合面采用

Pt, 由此, 能够实现极优良的密接性, 此外, 通过用相同的材料形成 p 侧电极和 n 侧电极的第 2 电极, 能够同时形成两电极的第 2 电极, 在工序上也有利。

通过热处理第 1 电极, 能够实现良好的欧姆接触。关于热处理的温度, 5 优选  $350^{\circ}\text{C}\sim 1200^{\circ}\text{C}$  的温度范围, 更优选  $400^{\circ}\text{C}\sim 750^{\circ}\text{C}$ , 最优选  $450^{\circ}\text{C}\sim 600^{\circ}\text{C}$ 。

第 1 电极包括上层和下层, 第 1 电极的上层也可以具有被由铂族元素构成的层夹持的中间层。如果第 1 电极的上层由铂族元素的单一元素或铂族元素的同族元素的合金的层构成时, 在该层的上面和下面, 分别具有不同的功能。上面, 难于引起与空气的反应, 使与第 2 电极的密接性良好。10 此外, 下层, 与形成在其下面的合金化层形成稳定的界面, 能够稳定合金化反应。此两种功能也可以由不同层来实现。例如, 在半导体层的上面, 形成由 Ni / Au 构成的下层和由 Pt / Ti / Pt 构成的上层构成的第 1 电极。上层, 在上面和下面具有铂族元素的单一元素层, 在该层中, 也可以形成15 夹持由 Ti (由铂族元素以外的元素构成的层) 构成的中间层的形式。由此, 通过与第 1 电极的下层相接的下侧的铂族元素层, 降低第 1 电极的热变质或热处理工序的偏差, 能够形成可靠性优良的元件。此外, 通过设置在中间层上的上侧的铂族元素层, 能够在与第 2 电极的之间形成含氧极低的界面, 能够形成低电阻的电极结构。这样, 能够将铂族元素的层分离成上层20 和下层, 能够实现上述不同功能。

此外, 第 1 电极的上层的中间层, 在由铂族元素构成的上层的上面和下面的界面配合最佳的材料, 进行功能分离。另外, 所述中间层弥补铂族元素的层的特性的不足。例如, 通过加入中间层, 能够增加第 1 电极的膜厚度, 提高散热性。此外, 作为 3 层以上的多层膜, 与用单一组成的层加厚膜厚度时相比, 还能够缓和应力。特别是形成在 LD 的脊上的第 1 电极, 25 由于形成在宽度极窄的区域, 并且, 能够利用其膜质大范围控制施加于脊的负荷, 所以, 作为多层结构, 通过缓和施加于脊的负荷, 能够得到可靠性优良的 LD 特性。此外, 由于能够变化光吸收系数以控制光学特性。

如上所述, 由于第 1 电极的上层和第 2 电极的下层都是铂族元素, 能够30 形成具有优良密接性的接合层区。作为此时的第 1 电极的下层或第 2 电

极的上层的电极材料,可以采用以下的材料。此外,下述的材料,在将第1电极的上层和第2电极的下层设定为同一种元素或同一种材料时,可以用于第1电极的上层和第2电极的下层。

作为设在n型氮化物半导体层的第1n型电极(第1电极的下层),  
5 能够选择与n型氮化物半导体层的欧姆特性及密接性高的材料,具体有Ni、Co、Fe、Ti、Cu、Au、W、Zr、Mo、Ta、Al、Ag、Pt、Pd、Rh、Ir、Ru、Os等,可以采用上述材料的单层、合金或多层膜。优选,按顺序叠层Ti、Al的多层结构。在形成第1电极后,为了提高与半导体层的欧姆特性,有时优选根据材料进行热处理。此外,关于n侧的第1电极的膜厚,  
10 作为总膜厚,优选 $100\text{\AA}\sim 30000\text{\AA}$ ,更优选 $3000\text{\AA}\sim 15000\text{\AA}$ ,最优选 $5000\text{\AA}\sim 10000\text{\AA}$ 。通过在该范围内形成,可以形成接触电阻低的电极。

此外,作为连接形成在n侧的第1n电极的n侧第2n电极(第2电极的上层)的电极材料,具体有Ni、Co、Fe、Ti、Cu、Au、W、Zr、Mo、Ta、Al、Ag、Pt、Pd、Rh、Ir、Ru、Os等,可以采用上述材料的单层、  
15 合金或多层膜。优选,第2n型电极形成多层膜,最上层由于连接引线等,优选采用Au。而且,优选地,位于Au层下面的层由用于防止向其下层扩散的层的功能的熔点比较高的材料构成。例如,有Ti、Pt、W、Mo、TiN等,关于膜厚度,作为整个第2n电极的膜厚,优选 $3000\text{\AA}\sim 20000\text{\AA}$ ,更优选 $7000\text{\AA}\sim 13000\text{\AA}$ 的范围。

20 n侧电极,如上所述,也可以形成不在另外的工序设置第1电极和第2电极而是连续形成的、兼顾第1电极和第2电极双方的功能的,即,与半导体层欧姆接触的欧姆电极,并且,兼用连接引线的引出电极(焊点电极)的n电极。这是因为,与p侧电极相比,与n型半导体层的欧姆接触比较容易,而且,由于是从波导区稍微分离的区域,不太需要考虑光学特性,选择材料的自由度大。作为这种n电极的膜厚度,作为总膜厚,优选  
25  $3000\text{\AA}\sim 20000\text{\AA}$ ,更优选 $7000\text{\AA}\sim 13000\text{\AA}$ 的范围。在不将n侧电极分离成第1电极和第2电极时,在p侧电极中适用本发明的构成。

下面,作为设在p型氮化物半导体层的p侧的第1电极(第1电极的下层)的电极材料,能够选择与p型氮化物半导体层的欧姆特性及密接性  
30 高的材料,具体有Ni、Co、Fe、Cr、Al、Cu、Au、W、Mo、Ta、Ag、

Pt、Pd、Rh、Ir、Ru、Os 及这些元素的氧化物、氮化物等，可以采用上述材料的单层、合金或多层膜。优选从 Ni、Co、Fe、Cu、Au、Al 中至少选择 1 种，以及它们的氧化物、氮化物等。

此外，作为 p 侧的第 2 电极（第 2 电极的上层）的电极材料，具体有  
5 Ni、Co、Fe、Ti、Cu、Au、W、Zr、Mo、Ta、Ag、Pt、Pd、Rh、Ir、Ru、Os 及这些元素的氧化物、氮化物等，可以采用上述材料的单层、合金或多层膜。由于最上层连接引线等，优选采用 Au。第二 p 电极的上层为多层膜，所述多层膜包括 Au 最上层以连接到引线等上。另外，位于 Au 层下面的层优选由能够防止 Au 扩散的具有相对较低的熔点材料构成。例如，  
10 有 Ti、Pt、W、Ta、Mo、TiN 等，作为更优选的材料有 Ti，关于膜厚度，作为总膜厚，优选 3000Å~20000Å，更优选 7000Å~13000Å 的范围。

第 1 电极的上层也可以具有被由铂族元素构成的层夹持的中间层。中间层可以是由单一的元素构成的层，或者也可以是多层膜或合金。此外，夹持中间层的上侧的层和下侧的层由于只要都由铂族元素层构成就可以，  
15 所以，无论是相同的铂族元素，还是不同的铂族元素都可以。可通过分别考虑与第 1 电极的下侧层的密接性或与中间层的密接性，或者，与合金化处理后设在第 1 电极的上侧层的引出电极的密接性等来选择材料。或者，在以第 1 电极作为掩模进行蚀刻的自定位方式形成台面部（例如脊部）时，优选考虑到蚀刻其最上层的铂族元素的蚀刻气体的种类等选择材料。

第 1 电极的上层的中间层，由于上下被稳定的铂族元素层夹着，也能够采用用于第 1 电极的下层的合金化层的材料。也可以是与第 1 电极的下层相同的材料，此外也可以是不相同的材料，都可以。或者，也能够采用作为第 1 层不能用的材料。此外，作为中间层的优选材料，除上述列举的第 1 层的优选材料（Ni、Co、Fe、Cu、Au、W、Mo、Ti、Ta、Ag、Al、  
20 Cr、Pt、Pd、Ph、Ir、Ru、Os 及这些元素的氧化物、氮化物等）外，还可以采用 Hf。

### 实施方式 1

图 1 表示本发明的实施方式 1 的氮化物半导体元件的构成，是在基板  
30 101 上，叠层 n 型氮化物半导体层 102、活性层 104、p 型氮化物半导体层

103 的半导体激光器 (LD)。p 型氮化物半导体层 103 上设置有带状脊。可通过利用蚀刻等手段去除 p 型氮化物半导体层 103 的一部分形成脊, 由此能够形成有效折射率型的波导。此外, 作为脊, 可通过蚀刻从 p 型氮化物半导体层到 n 型氮化物半导体层的一部分而形成, 也可以形成完全折射率型的波导, 或者, 也可以通过有选择地生长形成脊。脊的形状不局限于底面侧的宽度宽、随着接近上面带状的宽度逐渐变窄的顺台面形状, 相反, 也可以是随着接近底面带状的宽度逐渐变窄的逆台面形状, 此外, 也可以是具有与叠层面垂直的侧面的平行六面体形状, 也可以是上述形状的组合形状。此外, 带状的波导不需要其宽度大致相同。此外, 也可以是在形成这种脊后, 在脊表面或脊两肋进一步设置半导体层以形成埋入型激光器元件。此外, 也可以形成没有脊的增益波导型的波导。或者也可以在元件内部形成由高电阻层 (绝缘层) 构成的电流狭窄层。电流狭窄层可以在 n 型半导体层或 p 型半导体层中的任一层中。优选在 p 型半导体层中形成。另外, 在这些 n 型半导体层、p 型半导体层中的接触层、包覆层、波导层、盖层 (cap)、活性层等的各层的边界可以设置电流狭窄层, 或者, 也可以设置在接触层中、包覆层中、波导层中等各功能层的边界中。由于形成电流狭窄层要暂时中断反应, 电流狭窄层优选由能够防止形成绝缘氧化物的组分形成, 其显示界面状态浓度以降低电流注入效率。另外, 也可以在再生长开始时以回刻 (etch-back) 法除去极少量的再生长面, 除去成为高电阻化原因的层 (表面膜)。作为电流狭窄层例如可以使用 AlN、Al 混晶比高的 AlGa<sub>N</sub> 等。优选 AlN, 这是由于除了绝缘性高, 而且能够紧接着其前面的层在同一装置内连续生长, 另外作为成为导通区的部分在除去 AlN 时, 用酸等能够很容易地进行选择性地除去, 不容易给元件的其它部分带来损伤。另外, 由于其折射率低, 适用于光封闭。另外, 由这些高电阻层构成的电流狭窄层, 作为膜厚只要是可以阻止电流的膜厚就可以。成为波导区的导通部分的形成, 可以选择生长导通部分以外的部分, 也可以在连续生长的层上形成开口部来作为导通部。

朝脊的侧面及从该脊连续的 p 型氮化物半导体层的上面, 形成第 1 绝缘膜 109。脊上面及第 1 绝缘膜的上面设置 p 侧的第 1 电极 105, 此外, 在 n 型氮化物半导体层的上面设置 n 侧的第 1 电极 107。在 n 侧的第 1 电

极的上部具有开口部的第2绝缘膜110连续地设置到第1绝缘膜的上部。在p型氮化物半导体层的上部，设置第2绝缘膜及与p侧的第1电极相接的p侧的第2电极106。此外，在n侧的第1电极上也设置n侧的第2电极108。

- 5 此外，由于将上述脊的带状方向作为谐振器方向，能够通过劈开或蚀刻等形成设在端面的一对谐振器面。在劈开形成时，需要基板或半导体层具有劈开性，如果利用其劈开性能够容易得到优良的镜面。此外，即使没有劈开性，也能够通过蚀刻形成谐振器面，此时，在露出n电极形成面时，通过同时进行，能够用少的工序得到。此外，也能够与脊形成同时形成。
- 10 这样，通过与各工序同时形成，能够减少工序，但是，为了得到更优良的谐振器面，优选另外设置工序。此外，如此通过劈开或蚀刻形成的谐振器面也可以形成由单一膜或多层膜构成的反射膜，以便能高效率地反射活性层104的光线。谐振器面的一面由相对高反射率的面构成，主要具有作为向波导区内反射光的光反射侧的谐振器面的功能，另一面由相对低反射率的面构成，主要具有作为向外部出射光的光出射侧谐振器面的功能。
- 15

- 在实施方式1中，间隔地设置第2绝缘膜110和p侧的第1电极105。P侧的第1电极的形成区，能以大范围地覆盖p型氮化物半导体层的上面地形成。此时，只要与第1绝缘膜109和p侧的第1电极105的密接性良好就无问题，但是，在密接性差时，由于增大p侧的第1电极105的形成区，有时产生容易剥离的问题。在实施方式1中，从p型半导体层103的端部间隔地形成p侧的第1电极105的形成区，至少设在脊两肋附近。由此，与全面形成第1电极时相比，减小与第1绝缘膜109的接触区，即使在与第1绝缘膜109的密接性弱时也难于剥离。此外，由于间隔地形成第2绝缘膜110和p侧的第1电极105，形成p侧的第2电极106和第1绝缘膜109相接的结构。此外，为了防止p侧电极和n侧电极的短路，由于能够在以比较厚的膜厚度形成的第2绝缘膜110和脊的之间形成稍微深的凹部，所以，p侧的第2电极106的接合面形成凹凸差大的面。利用该凹凸，能够增大接合面积，不易剥离第2电极。
- 20
- 25

- 第1绝缘膜109是为将电流的注入区限定在脊上面而设定的，由于接近波导区地设置，对光的封闭效率产生影响，所以也不能过分加厚膜厚度
- 30

地形成。需要根据所用的绝缘膜材料，减薄膜厚度。在减薄地形成第1绝缘膜时，有时存在绝缘性稍弱的部分，即使在此种情况下，如本实施方式1所示，通过扩展在p侧的第2电极106和第1绝缘膜109的之间的第2绝缘膜110到离脊相对较近的区域，能够在脊附近控制电流注入区域。

- 5 第1绝缘膜109，如图1(a)所示，也能够达到与p型氮化物半导体层103大致相同宽度地形成。在p侧的第1电极105之前形成的第1绝缘膜109，在p侧的第1电极105的热处理时，能同时被热处理。通过热处理，与单一沉积的膜相比，能增加膜的强度（按膜内的原子结合力），也提高与半导体层的界面的接合强度。通过将这种第1绝缘膜109形成到尤  
10 其形成有第2绝缘膜110的p型氮化物半导体层103上面的端部，也能够提高第2绝缘膜110的密接性。

- 此外，p侧的第2电极，如图1(b)所示，也能够与第2绝缘膜110相接地形成。特别是在用于倒装时，对p侧的第2电极施加热，但此时，因热膨胀体积增大，容易在元件的侧面方向（p型氮化物半导体层103的  
15 端方向）延伸。此外，不只是热，由于也施加压力，所以，电极材料也容易向侧面方向延伸。因此，如图1(b)所示，通过使与第2绝缘膜110分离地形成，能够防止p侧的第2电极106材料向侧面方向延伸，而产生短路。

- 不局限于实施方式1，在以下的实施方式中，作为第1绝缘膜的材料，  
20 优选从含有选自Si、Ti、V、Zr、Nb、Hf、Ta构成的一组中的至少1种元素的氧化物、SiN、BN、SiC、AlN、AlGaN中选择的至少1种形成，其中，更优选采用Zr、Hf、Si的氧化物、BN、AlN、AlGaN。

- 此外，关于第1绝缘膜的膜厚度，具体在10Å以上10000Å以下的范围，优选100Å以上5000Å以下的范围。这是因为，如果在10Å以下，在  
25 形成电极时，很难确保足够的绝缘性，如果在10000Å以上，反而失去保护膜均匀性，不能形成良好的绝缘膜。此外，如果在上述优选范围内，能够在脊侧面，形成在与脊之间具有良好折射率差的均匀膜。

- 第2绝缘膜110，优选能够设在p侧的第1电极的除脊上部以外的整个面上，在通过蚀刻露出的p型半导体层103及活性层104的侧部端面也  
30 连续地设置。作为优选的材料，优选从含有选自Si、Ti、V、Zr、Nb、



Hf、Ta 构成的一组中的至少 1 种元素的氧化物、SiN、BN、SiC、AlN、AlGaIn 中选择的至少 1 种形成，其中，作为特别优选的材料，可以采用 SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ZrO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub> 等单层膜或多层膜。

## 5 实施方式 2

图 2 表示本发明的实施方式 2 的氮化物半导体元件的构成，在本实施方式 2 中，与实施方式 1 同样，是在基板 201 上，叠层 n 型氮化物半导体层 202、活性层 204、p 型氮化物半导体层 203 的半导体激光器 (LD)。在 p 型氮化物半导体层 103 上设置带状脊。P 侧的第 1 电极 205 形成在大范围覆盖第 1 绝缘膜 209 的区域，第 2 绝缘膜 210 形成为以覆盖从该 P 侧的第 1 电极 205 的脊以外分离的区域上的部分上。此外，跨越 p 侧的第 1 电极 205 和第 2 绝缘膜 210 的上面地，形成 p 侧的第 2 电极 206。即，在本实施方式 2 中，不与第 1 绝缘膜 209 相接地设置 p 侧的第 2 电极 206。根据脊的深度 (高度) 及第 1 绝缘膜 209 的光学特性，变化向波导区的光的封闭。但在通过加厚第 1 绝缘膜 209 可对其进行控制时，通过增大第 1 电极的形成区域，大范围地与第 2 电极密接，能够抑制热集中，增大第 1 电极 205 和第 2 电极 206 之间的接合层区，能够形成密接性优良的电极。

此外，此时，如图 2 (a) 所示，也能够不与第 2 绝缘膜 210 相接地形形成第 2 电极 206。由此，与绝缘膜的密接性差的第 2 电极 206，由于能够只与第 1 电极相接，所以不易剥离第 2 电极 206。此外，如在实施方式 1 中所述，在用于倒装时，在加热第 2 电极时将导致变形，能够抑制向 n 型半导体层侧扩展，从而能够形成可靠性优良的元件。

## 实施方式 3

图 3 表示本发明的实施方式 3 的氮化物半导体元件的构成。在本实施方式 3 中，与实施方式 1 同样，是在基板 301 上，叠层 n 型氮化物半导体层 302、活性层 304、p 型氮化物半导体层 303 的半导体激光器 (LD)。p 型氮化物半导体层 303 上设置有带状脊。P 侧的第 2 电极 306 和第 1 绝缘膜 309 和/或第 2 绝缘膜 310 之间，形成密接层 311。该密接层形成在 p 侧的第 1 电极 305 和第 2 电极 306 的接合区，即脊上面及其附近没有形成的



位置，具有加强与第2电极306与第1绝缘膜309和/或第2绝缘膜310的密接性的功能。

如上所述，电极材料及绝缘膜材料不只是需要与形成其自身的材料的密接性要优良，还需要与形成在其上面的材料的密接性也要优良。因此，  
5 通过在上层和下层采用不同的材料，能够满足两者，但是，如实施方式3所述，通过进一步设置密接层311，能够得到更优良的密接性。密接层，在图3中，其一部分夹持在p侧的第1电极305和第2电极306之间，但也可以不与第1电极305相接。

密接层311，不需要与第一电极305一样与P型氮化物半导体层303  
10 具有高接触电阻，或者具有粘接到半导体层303的优良粘接性能，也不需要选择能降低与第1电极305或第2电极306的界面电阻的材料。此外，所述材料不需要都选择如第1绝缘膜及第2的绝缘膜一样与电极的密接性优良的、并且绝缘性高的材料。具体地说，密接层311也可以是导电性材料，或也可以是绝缘性材料，要求的功能只是与绝缘膜及电极的密接性。  
15 因此，作为电极材料，即使是有电阻高等问题的材料，只要是与绝缘膜309和310的密接性优良的材料，就可以使用。另外，作为多层结构，通过选择在上层与p侧的第2电极306的密接性优良的材料，能够加强密接性。

密接层311可以形成单层或多层结构。在形成多层结构时，通过在密接层311的下层选择与绝缘膜的密接性优良的材料，以及在密接层的上层  
20 选择与第2电极306的下层的密接性优良的材料，能够实现更优良的密接性。

此外，关于密接层的优选材料，如上所述，能够采用导电性材料或绝缘性材料等，例如，在第1电极305的上层是Pt，第2电极306的下层是Rh，用铂族元素构成接合层区时，密接层311的上层设定采用铂族元素以外的材料例如Au等。另外，在第1电极305的上层和第2电极306的下层都采用相同的材料例如Pt时，密接层311的最上层可以由不同的材料例如Au构成。作为密接层311的最上层，更优选采用铂族元素或铂族元素  
25 的同族合金。例如，在第1电极305的上层是Pt，第2电极306的下层是Rh，在用铂族元素构成接合层区时，优选密接层311的最上层也采用  
30 Pt，以便都用铂族元素构成接合层区。在第1电极305的上层和第2电极

气体或氟系气体反应，其反应也限制在表面附近。因此，与热处理时等同样，容易在第一电极 505 的上层内部保持与成膜时同样的组成。如果氯或氟的化合物稳定和具有绝缘性，由于在与第 2 电极 506 之间产生界面电阻，此时，通过清洗表面，露出层内部的化合物非生成区，在该露出部形成第 2 电极 506，就不易损伤欧姆特性。

此外，即使在露出 n 型半导体层 502 时，也能够将金属层 512 用作掩模。作为图 5 所示的金属层 512 中，使由铂族元素构成的金属层 512 形成包含第 1 电极 505 上面的区域的所需形状，蚀刻到露出 n 型半导体层。在将金属层 512 用作掩模时，在其后也能够剥离，但如图 5 所示，也能够设定在蚀刻后直接形成。这样，在将金属层 512 用作蚀刻掩模，其后，在不去除掩模，直接用作电极的一部分时，优选在脊的两肋预先形成第一绝缘膜 509，以被覆该绝缘膜上及脊上面的第 1 电极的形式，形成金属层。由此，能够形成图 5 所示的构成。此时，对于与第 1 电极 505 相接的金属层 512，由于能够看到第 2 电极 506 的一部分，采用作为第 2 电极 506 的下层优选的材料即铂族元素构成的层。优选地，金属层 512 采用 Pt。

此外，对于用于使 n 型半导体层 502 露出的蚀刻，也可以不用金属层，采用  $\text{SiO}_2$  等。此时，在露出 n 型半导体层 502 后，去除  $\text{SiO}_2$ ，在脊的两肋形成绝缘膜 509，然后，与脊上的第 1 电极 505 相接地设置第 2 电极 506。

此外，如图 5 (a) 所示，通过不与第 2 绝缘膜 510 相接地形成第 2 电极 506，能够防止倒装时的短路。此外，第 2 电极 506，由于能够只与金属层 512 相接地形成，所以能够形成密接性优良的电极结构。

## 实施方式 6

图 8 表示本发明的实施方式 6 的氮化物半导体元件的构成。图 8 (B) 是图 8 (A) 的 X—Y 剖面图，是在基板 801 上，叠层 n 型半导体层 802、活性层 804、p 型半导体层 803 的氮化物半导体，是在 p 型半导体层 803 的表面形成 p 侧的第 1 电极 805 和第 2 电极 806，此外，在通过蚀刻从 p 型半导体层侧露出的 n 型半导体层的表面上，分别形成 n 侧的第 1 电极 807 和第 2 电极 808，由如此形成的氮化物半导体元件构成的发光二极管 (LED)。LED 不具有如 LD 那样的脊，来自活性层 804 的发光，从 p 型

半导体层侧 803 或 n 型半导体层侧 802 以及从端面，向外部出射。在 p 型半导体层 803 上面的大致整面上形成 p 侧的第 1 电极 805，在用 813 表示的区域与第 2 电极 806 接合。通过控制可透过来自活性层 804 的光的膜厚度和进行热处理，能够将第 1 电极 805 形成可与半导体层 803 欧姆接触的透明电极。

在实施方式 6 所示的 LED 中，由于透明电极即第 1 电极和焊点电极即第 2 电极的接合区小，所以，在导通时能够在其接合区流通大电流。通过高密接性并且以低电阻的状态形成该接合区，能够形成高可靠性的 LED。

此外，在 LED 中，不局限于图 8 的方式，也能够将 p 侧的第 1 电极 805 形成为，加厚膜厚度使片材电阻降低的，同时，形成开口部并从该开口部引出光的形状的电极。或者，可以在 p 型半导体层 803 表面形成凹凸，在该凹凸内充填绝缘膜等，使适用各种方式。

## 15 实施例

以下，以实施例说明采用氮化物半导体的半导体激光元件，但在本发明中，作为构成氮化物半导体层的 n 型氮化物半导体层、活性层、p 型氮化物半导体层的器件结构，不做特别限定，可以采用各种层结构。关于器件的结构，例如有在后述的实施例中记载的激光器的器件结构，但也适用其它激光器结构或 LED。作为氮化物半导体的具体的例子，可以采用 GaN、AlN 或 InN 等氮化物半导体或它们的混晶体即 III-V 族氮化物半导体，此外，也可以采用在还含有 B、P 等的氮化物半导体。氮化物半导体的生长可以采用 MOVPE（金属有机相外延生长）、MOCVD（有机金属化学气相沉积法）、HVPE（卤化物气相生长法）、MBE（分子射线气相生长法）等用于生长氮化物半导体的已知的所有方法。

### 实施例 1

#### 基板

基板采用以 C 面为主面的蓝宝石基板。作为基板，对此不做特别限定。根据需要，可以采用以 R 面、A 面为主面的蓝宝石基板、SiC 基板、Si 基

板、尖晶石基板、GaN 基板等多种基板。作为 GaN 基板可以通过以下方式得到，即，在蓝宝石、GaAs 等的生长基板上设置能够抑制生长的保护膜后，通过进行选择生长（横向生长）的所谓外延侧向生长（ELOG）法等使氮化物半导体层（AlGaInN 系）沉积，之后通过除去生长基板而得到  
5 结晶性优良的 GaN 基板（氮化物半导体基板）。在氮化物半导体层生长时，通过添加 Si、氧等杂质，也可以调整导电性。另外，利用这种 ELOG 法得到的 GaN 基板，根据其选择生长的条件、保护膜的形状等，形成不均匀地存在位错密度高和低位错密度的区域的基板，因此，在要求高电流密度的条件下的可靠性的激光元件的等情况下，通过在低位错密度的区域  
10 上形成波导区域，可以形成优良特性的半导体激光元件。另外，在利用蓝宝石等的绝缘性基板时，在同一面侧形成 p 电极和 n 电极。另外，GaN 基板等的导电性基板，可以在同一面侧形成 p 电极和 n 电极，也可以在 GaN 基板的背面（没有叠层功能层一侧）形成 n 电极。

## 15 衬底层

用 1050℃ 的温度，以 2.5 μm 生长无掺杂的 GaN 层，以 0.27 μm 的膜厚度形成由 SiO<sub>2</sub> 构成的保护膜。该 SiO<sub>2</sub> 保护膜通过蚀刻形成带状的开口部（非掩模区）。以 1.8 μm 带状宽度并以与原始面大致垂直的方向形成该保护膜，保护膜与开口部的宽度的比例定为 6：14。然后，以 15 μm 的  
20 膜厚度生长无掺杂的 GaN 层。此时，生长在开口部上的 GaN 层在 SiO<sub>2</sub> 上横向生长，最终覆盖 SiO<sub>2</sub> 层。作为该衬底层除了 GaN 外，也可以使用 AlGaIn、InGaIn、AlInGaIn 等。

## 缓冲层

25 然后，将温度降至 500℃，采用三甲基镓（TMG）、氨（NH<sub>3</sub>），以 1 μm 的膜厚度沉积由 Si 掺杂的 Al<sub>0.02</sub>Ga<sub>0.98</sub>N 构成的缓冲层。

## n 型接触层

继续用 1050℃，同样原料气体采用三甲基镓（TMG）、氨（NH<sub>3</sub>），杂质  
30 气体采用硅烷气体，以 3.5 μm 的膜厚度生长由 Si 掺杂的 n-Al<sub>0.02</sub>Ga<sub>0.98</sub>N

构成的 n 型接触层。该 n 型接触层的膜厚度可以在  $2\sim 30\ \mu\text{m}$ 。

#### 裂纹防止层

之后, 采用 TMG、TMI (三甲基镓)、氨, 温度降至  $800^\circ\text{C}$ , 以  $0.15\ \mu\text{m}$  的膜厚度生长由 Si 掺杂的  $\text{n-In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$  构成的裂纹防止层。另外, 该裂纹防止层也可以根据基板的种类或其它层的组成等省略。

#### n 型包覆层

然后, 将温度升至  $1050^\circ\text{C}$ , 原料气体采用 TMA (三甲基铝)、TMG 及氨, 分别以  $50\text{\AA}$  的膜厚度生长由无掺杂的  $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$  构成的 A 层和由掺杂 Si 的 GaN 构成的 B 层。并且, 分别 110 次重复此操作, 交替叠层 A 层和 B 层, 生长成由总膜厚  $1.1\ \mu\text{m}$  的多层膜 (超晶格结构) 构成的 n 型包覆层。此时, 作为无掺杂 AlGaN 的 Al 的混合晶比, 如果在 0.02 以上 0.3 以下的范围, 能够设定可充分发挥作为包覆层功能的折射率差。构成超晶格结构的各层, 也可以使用上述组成以外的混晶比、或 InGaN 系等, 可以选择对向活性层的光封闭有效的组成。另外, 该 n 型包覆层可以不是超晶格结构, 可以是由  $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$  构成的单一层。

#### n 型光波导层

然后, 在相同的温度下, 原料气体采用 TMG 及氨, 以  $0.15\ \mu\text{m}$  的膜厚度生长由无掺杂的 GaN 构成的 n 型光波导层。该层也可以掺杂 n 型杂质。另外, 该光波导层根据活性层的组成等可以使用 InGaN、AlGaN、AlInGaN 等的层, 或也可以根据包覆层的组成等而省略。

#### 活性层

然后, 将温度降至  $800^\circ\text{C}$ , 原料气体采用 TMI (三甲基镓)、TMG 及氨, 杂质气体采用硅烷气体, 以  $140\text{\AA}$  的膜厚度生长由 Si 掺杂的  $\text{In}_{0.02}\text{Ga}_{0.98}\text{N}$  构成的势阱层。然后, 停止硅烷气体, 以  $70\text{\AA}$  的膜厚度生长由无掺杂的  $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$  构成的阱层。此操作重复 2 次, 最后, 通过以  $140\text{\AA}$  的膜厚度生长由 Si 掺杂的  $\text{In}_{0.02}\text{Ga}_{0.98}\text{N}$  构成的势阱层, 生长膜总厚  $560\text{\AA}$

的多重量子阱结构 (MQM) 的活性层。MQW 的叠层数优选 2~30 左右, 组成除了上述以外, 可以选择 InGaN/GaN、AlGaN/InGaN、InGaN/AlInGaN、AlGaN/AlInGaN 等的组合。另外, 也可以是单一量子势阱 (SQW) 结构。

#### 5 p 型电子封闭层

在相同的温度下, 在  $N_2$  保护性气氛中, 以 30Å 的膜厚度生长由 Mg 掺杂的  $Al_{0.25}Ga_{0.75}N$  构成的 p 型电子封闭层。然后, 在  $H_2$  气氛中, 以 70Å 的膜厚生长由 Mg 掺杂的  $Al_{0.25}Ga_{0.75}N$  构成的 p 型电子封闭层。另外, 该 p 型电子封闭层可以是一层, 使在与活性层大致相同的温度下叠层。另外可以  
10 使用上述组成比以外的 AlGaN 系或 AlInGaN 系、GaN 等。如果增厚膜厚, 可以使用 InGaN 系。

#### p 型光波导层

然后, 将温度升至 1050℃, 原料气体采用 TMG 及氨, 以 0.15 μm 的  
15 膜厚度生长由无掺杂的 GaN 构成的 p 型光波导层, 但该层也可以掺杂 Mg。另外, 该光波导层根据活性层的组成等也可以使用 InGaN、AlGaN、AlInGaN 等层。

#### p 型包覆层

20 然后, 以 80Å 的膜厚度生长由无掺杂的  $Al_{0.08}Ga_{0.92}N$  构成的 A 层, 在其上面, 以 80Å 的膜厚生长由 Mg 掺杂的 GaN 构成的 B 层。28 次重复此操作, 交替叠层 A 层和 B 层, 生长成由膜总厚 0.45 μm 的多层膜 (超晶格结构) 构成的 p 型包覆层。在用至少一方包括含 Al 的氮化物半导体层的、叠层能带隙不同的氮化物半导体层的超晶格制作 p 型包覆层时, 一旦  
25 在任一方的层中多掺杂杂质, 即进行所谓的调制掺杂, 则有提高结晶性的倾向, 但也可以相同地向双方掺杂。构成超晶格结构的各层, 可以使用上述组成比以外的混晶比, 或 InGaN 系等, 可以选择对向活性层的光封闭有效的组成。另外, 该 p 型包覆层可以不是超晶格结构, 可以由  $Al_{0.05}Ga_{0.95}N$  构成的单一层。

### p 型接触层

最后, 在 1050℃, 在 p 型包覆层上, 以 150Å 的膜厚度生长由 Mg 掺杂的 GaN 构成的 p 型接触层。p 型接触层可以由 p 型的  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $x \geq 0$ 、 $y \geq 0$ 、 $x+y \leq 1$ ) 构成, 如果优选形成掺杂 Mg 的 GaN, 能够得到与 p 电极的最优选的欧姆接触。反应结束后, 在反应容器内, 在氮气氛下, 700℃退火晶片, 使 p 型层电阻进一步降低。

### n 型层露出

按照以上方法, 生长氮化物半导体, 形成叠层结构体后, 从反应容器取出晶片, 在最上层的 p 型接触层的表面形成由  $\text{SiO}_2$  构成的保护膜, 采用反应性离子蚀刻 (RIE), 利用  $\text{Cl}_2$  气体蚀刻, 露出形成 n 电极的 n 型接触层的表面。此外, 此时, 也可以通过蚀刻形成谐振器面。优选与露出 n 型接触层同时进行, 但也可以用另外的工序进行。

### 脊形成

然后, 为了形成带状的波导区, 在最上层的 p 型接触层的大致整面, 利用化学气相沉积 (CVD) 装置, 在以  $0.5 \mu\text{m}$  的膜厚度生长由 Si 氧化物 (主要是  $\text{SiO}_2$ ) 构成的保护膜后, 利用光刻技术, 在保护膜上形成规定形状的掩模, 利用 RIE 装置, 通过采用  $\text{CHF}_3$  气体的蚀刻, 形成由带状的 Si 氧化物构成的保护膜。以该 Si 氧化物的保护膜作为掩模, 采用  $\text{SiCl}_4$  气体, 蚀刻半导体层, 在活性层的上面形成脊带状。此时, 脊的宽度定为  $1.6 \mu\text{m}$ 。

### 第 1 绝缘膜

在形成  $\text{SiO}_2$  掩模的状态下, 在 p 型接触层表面上形成  $\text{ZrO}_2$  构成的第 1 绝缘膜。该第 1 绝缘膜也可以, 以 n 侧的第 1 电极形成面作为掩模, 设在半导体层的整面上。此外, 为了在后面容易分割, 也可以设置不形成绝缘膜的部分。

在第 1 绝缘膜形成后, 用 600℃热处理晶片。这样, 在作为第 1 绝缘膜形成  $\text{SiO}_2$  以外的材料时, 在第 1 绝缘膜形成后, 通过在 300℃以上, 优选 400℃以上, 氮化物半导体的分解温度以下 (1200℃) 进行热处理, 能

5 够使绝缘膜材料稳定化。特别是在第1绝缘膜形成后的工序中,在作为掩模,主要采用 $\text{SiO}_2$ 实施器件加工时,对于在后面去除该 $\text{SiO}_2$ 掩模时所用的掩模溶解材料,可以使绝缘膜不容易溶解。该第1绝缘膜的热处理工序,根据第1绝缘膜的材料或工序等,也可以省略,此外,也可以与欧姆电极的热处理同时进行。上述按工序顺序可适宜选择。热处理后,浸渍在缓冲液中,溶解去除形成在脊带状上面的 $\text{SiO}_2$ ,利用剥离法,与 $\text{SiO}_2$ 一同去除位于p型接触层上(确切是n型接触层上)的 $\text{ZrO}_2$ 。由此,形成露出脊的上面,以 $\text{ZrO}_2$ 覆盖脊侧面的结构。

## 10 第1电极:欧姆电极

下面,在p型接触层上的脊最表面及第1绝缘膜上,利用溅射形成p侧的第1电极。该p侧的第1电极,作为下层采用 $\text{Ni}/\text{Au}(100\text{\AA}/1500\text{\AA})$ ,上层采用 $\text{Pt}(1500\text{\AA})$ 。此外,在n型接触层上面也形成n侧的第1电极。n侧的第1电极,由 $\text{Ti}/\text{Al}(200\text{\AA}/8000\text{\AA})$ 构成,与脊平行,且形成同  
15 等长度的带状。这些电极形成后,在氧和氮的混合气氛下,用 $600^\circ\text{C}$ 热处理。

## 第2绝缘膜

20 然后,形成覆盖脊上的p侧的第1电极的整面和n侧的第1电极的上部的一部分的抗蚀层。之后,在大致的整面上形成由 $\text{SiO}_2$ 构成的第2绝缘膜,通过剥离,形成露出p侧的第1电极的上面整面和n侧的第1电极的一部分的第2绝缘膜。第2绝缘膜和p侧的第1电极相隔开,在中间露出第1绝缘膜。对于第2绝缘膜,考虑到其后的分割,也可以夹着分割位置,在宽 $10\mu\text{m}$ 左右的带状的范围内,不形成第1及第2绝缘膜或电极。

25 第2绝缘膜设置在除p侧及n侧的第1电极上部外的整个面上。作为优选材料,优选从含有选自 $\text{Si}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Hf}$ 、 $\text{Ta}$ 构成的一组中的至少1种元素的氧化物、 $\text{SiN}$ 、 $\text{BN}$ 、 $\text{SiC}$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{AlGaN}$ 中选择的至少1种形成,其中作为更优选的材料,可以采用 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 等单层膜或多层膜。



## 第2电极：焊点电极

下面，以覆盖上述第1电极的方式形成第2电极。此时，优选覆盖第2绝缘膜地形成。对于P侧的第2电极，下层由Pt(1000 Å)形成，在其上面，按Ti/Pt/Au(50 Å/1000 Å/6000 Å)的顺序叠层。此外，对于  
5 n侧的第2电极，从下面用Ni/Ti/Au(1000 Å/1000 Å/8000 Å)形成。该第2电极，借助第2绝缘膜，分别以带状连接在p侧的第1电极及n侧的第1电极。

## 劈开及谐振器面形成

10 然后，研磨基板，在达到大约150 μm的膜厚度的调整后，在基板的背面形成划线槽，从氮化物半导体层侧切断，通过劈开形成带状的激光器。氮化物半导体层的劈开面形成氮化物半导体的M面(1-00面)，以该面作为谐振器面。

## 15 端面保护膜形成

在如上形成的谐振器面上，为了高效率谐振在活性层产生的光，优选在其表面设置保护膜。为了在光反射侧和光发射侧的谐振面上形成折射率差，特别优选在该装置的光反射侧(检测侧)的谐振面上设置保护膜。作为具体的材料，可以采用从Si、Mg、Al、Hf、Nb、Zr、Sc、Ta、Ga、Zn、  
20 Y、B、Ti以及它们的氧化物、氮化物、氟化物等化合物中选择的任何一种。选择的材料，可以单独使用，也可以作为多个组合的化合物或多层膜使用。作为优选的材料是采用Si、Mg、Al、Hf、Zr、Y、Ga的材料。此外，作为半导体材料，可以采用AlN、AlGaN、BN等。作为绝缘体材料，可以采用Si、Mg、Al、Hf、Nb、Zr、Sc、Ta、Ga、Zn、Y、B的氧化物、  
25 氮化物、氟化物等化合物。

在本实施例中，具体是，作为端面保护膜，形成由SiO<sub>2</sub>和ZrO<sub>2</sub>构成的电介质多层膜。在光反射侧(检测侧)的谐振器面，采用溅射装置，形成由ZrO<sub>2</sub>构成的保护膜，然后，交替叠层SiO<sub>2</sub>和ZrO<sub>2</sub>共6对，形成高反  
30 射膜。此时，保护膜和构成高反射膜的SiO<sub>2</sub>膜和ZrO<sub>2</sub>膜的膜厚度，可根据从各自活性层的发光波长设定成优选的厚度。在光出射侧的谐振器面可

以什么都不设置,也可以采用溅射装置,形成由  $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZrO}_2$  构成的第 1 低反射膜和由  $\text{SiO}_2$  构成第 2 低反射膜。

最后,与脊带状大致平行地,通过划线形成槽,利用该槽部切断成条状块,得到本发明的氮化物半导体激光器元件。按上述得到的氮化物半导体激光器元件,电极不剥离,在室温下,在阈值电流密度  $2.0\text{kA}/\text{cm}^2$ 、  
5 60mW 的高输出下,能够进行振荡波长 405nm 的连续振荡。

## 实施例 2

在实施例 2 中,使以第 2 绝缘膜覆盖 p 侧的第 1 电极的一部分的方式  
10 形成。除按以下进行第 2 绝缘膜的形成外,其余与实施例 1 相同。

### 第 2 绝缘膜

在第 1 电极形成后,在大致整面上形成由  $\text{SiO}_2$  构成的第 2 绝缘膜,以露出脊上的 p 侧的第 1 电极整面、脊两侧的 p 型半导体层上面的 p 侧的第 1 电极的一部分和 n 侧的第 1 电极的一部分的方式,涂布抗蚀剂,通过  
15 干蚀刻露出各自电极的一部分。由此,用第 2 绝缘膜被覆 p 侧及 n 侧的第 1 电极的一部分和侧面。这里,第 1 绝缘膜以不露出的方式形成,但也可以露出。

### 第 2 电极:焊点电极

下面,覆盖上述第 2 绝缘膜的方式,通过溅射形成 p 侧的第 2 电极。对于 p 侧的第 2 电极,下层由 Pt (1000 Å) 形成,在其上面形成 Ti / Pt / Au (50 Å / 1000 Å / 6000 Å)。此外,对于 n 侧的第 2 电极,从下面用 Ni / Ti / Au (1000 Å / 1000 Å / 6000 Å) 形成。该第 2 电极,借助第 2 绝  
25 缘膜,分别以带状连接在 p 侧的第 1 电极及 n 侧的第 1 电极。如此得到的氮化物半导体激光器元件,未发现电极剥离,在室温下,在阈值电流密度  $2.0\text{kA}/\text{cm}^2$ 、60mW 的高输出下,能够进行振荡波长 405nm 的连续振荡。

## 实施例 3

在实施例 3 中,形成密接层。如实施例 1 所述,在第 1 绝缘膜上,按  
30

Ni / Au / Pt (100Å / 1500 Å / 1500Å) 形成 p 侧的第 1 电极。然后, 作为第 2 绝缘膜, 形成由 2 对 SiO<sub>2</sub> 和 TiO<sub>2</sub> (1500Å / 1000Å) 构成的多层膜, 但此时, 与 p 侧的第 1 电极大约间隔 225 μm 地形成。然后, 作为密接层, 以跨越 p 侧的第 1 电极的部分上面、p 侧的第 1 电极和第 2 绝缘膜的之间露出的第 1 绝缘膜上面和第 2 绝缘膜上面的形式, 形成 Ti / Pt (100Å / 500Å)。另外, 作为 p 侧的第 2 电极, 从 p 侧的第 1 电极的上面跨越密接层上面地, 用 Pt / Ti / Pt / Au (1000Å / 50Å / 1000Å / 6000Å) 形成。其它工序与实施例 1 相同, 得到本发明的氮化物半导体激光器元件。按上述得到的氮化物半导体激光器元件, 未发现电极剥离, 在室温下, 在阈值电

5 流密度 2.0kA / cm<sup>2</sup>、60mW 的高输出下, 能够进行振荡波长 405nm 的连续振荡。

10

#### 实施例 4

在实施例 4 中, 如在实施例 1 所述, 用 Ni / Au (100Å / 1500Å) 形成 p 侧的第 1 电极的下层, 用 Pt / Ti / Pt (500Å / 100Å / 500Å) 形成上层, 用 Pt (1000Å) 形成第 2 电极的下层, 在其上面形成 Pt / Ti / Au (100Å / 1000Å / 6000Å), 除此以外与实施例 1 相同。得到的氮化物半导体激光器元件, 在室温下, 在阈值电流密度 2.0kA / cm<sup>2</sup>、60mW 的高输出下, 能够进行振荡波长 405nm 的连续振荡。

15

本发明的半导体元件, 在由通过热处理可与半导体层欧姆接触的热处理层构成的第 1 电极与在其上面形成的引出用的第 2 电极的之间, 通过形成接合层区, 能够形成可靠性优良的氮化物半导体元件, 其具有优良的密接性, 同时具有操作电压低、且在高输出时时效变化也小的极稳定的操作特性。此外, 通过在电极和绝缘膜之间夹持密接层, 由于能够不考虑相互密接性地选择电极材料及绝缘材料, 能够实现更良好的操作电压, 并且能够形成密接性也优良的氮化物半导体元件。

20

25

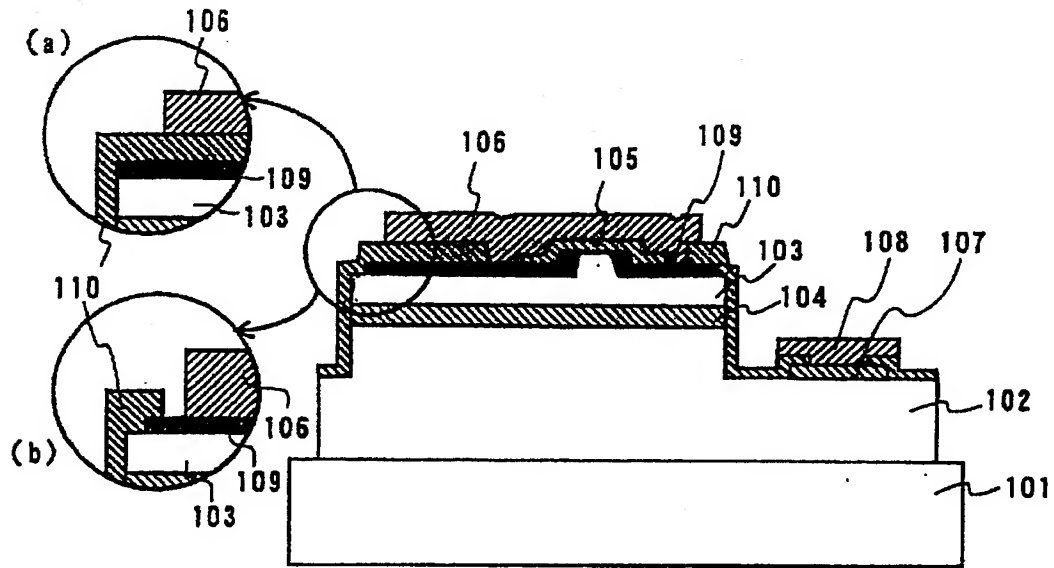


图 1

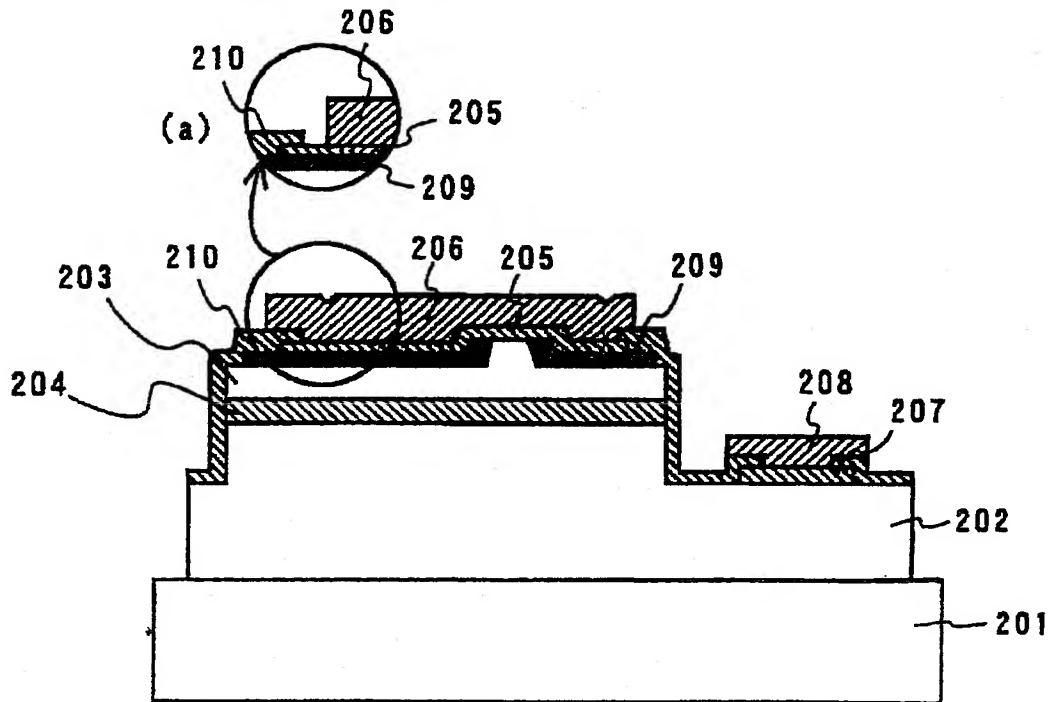


图 2

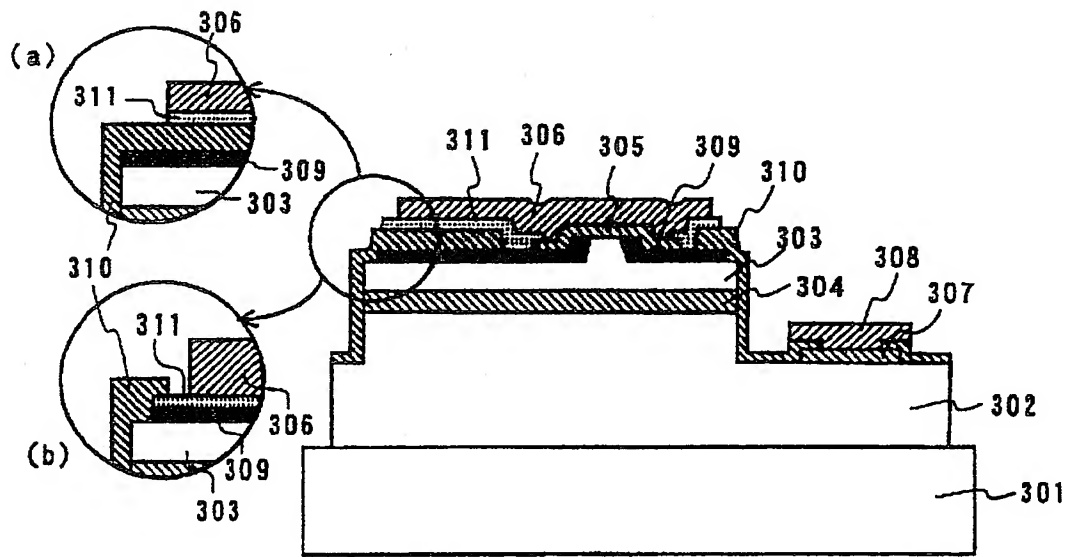


图 3

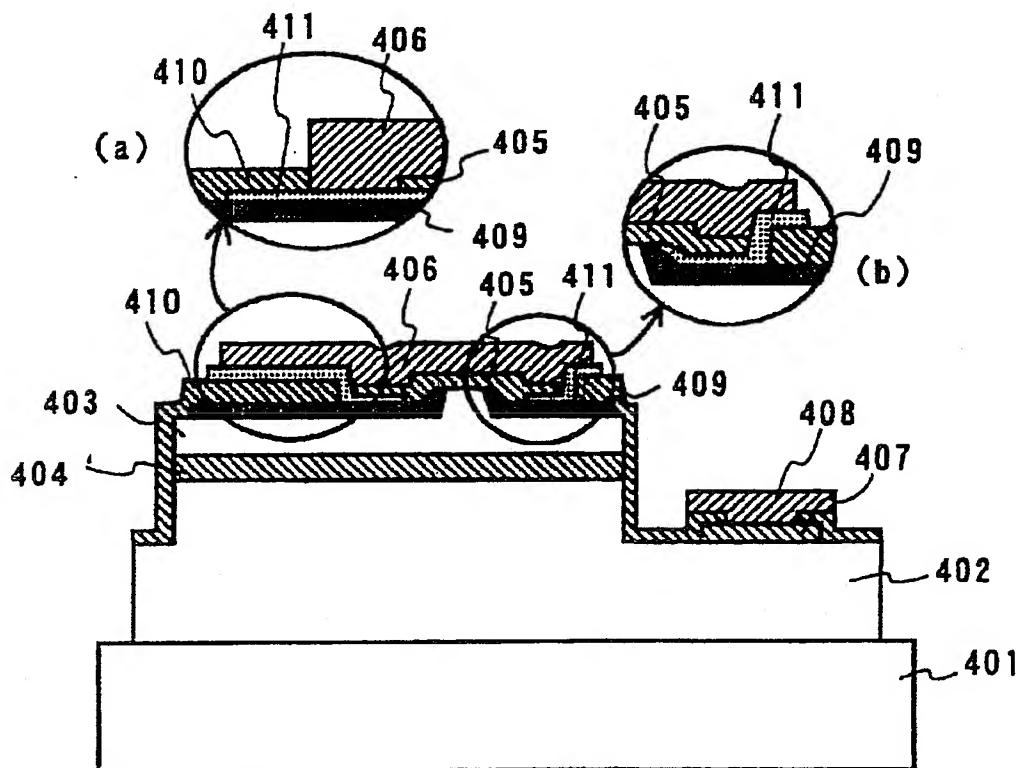


图 4

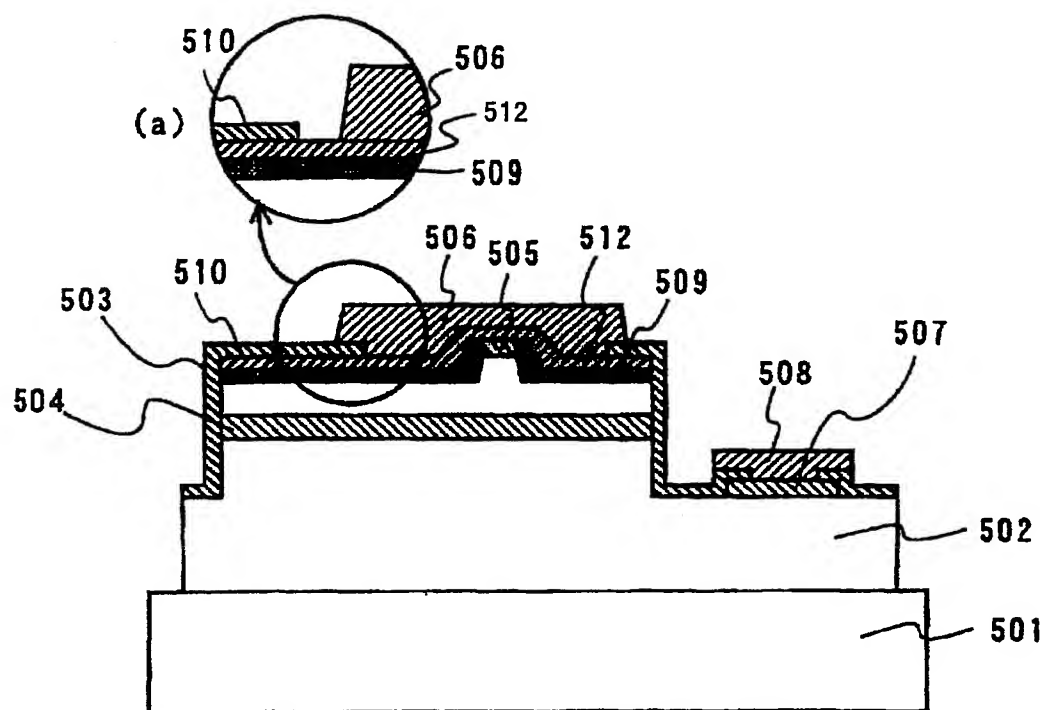


图 5

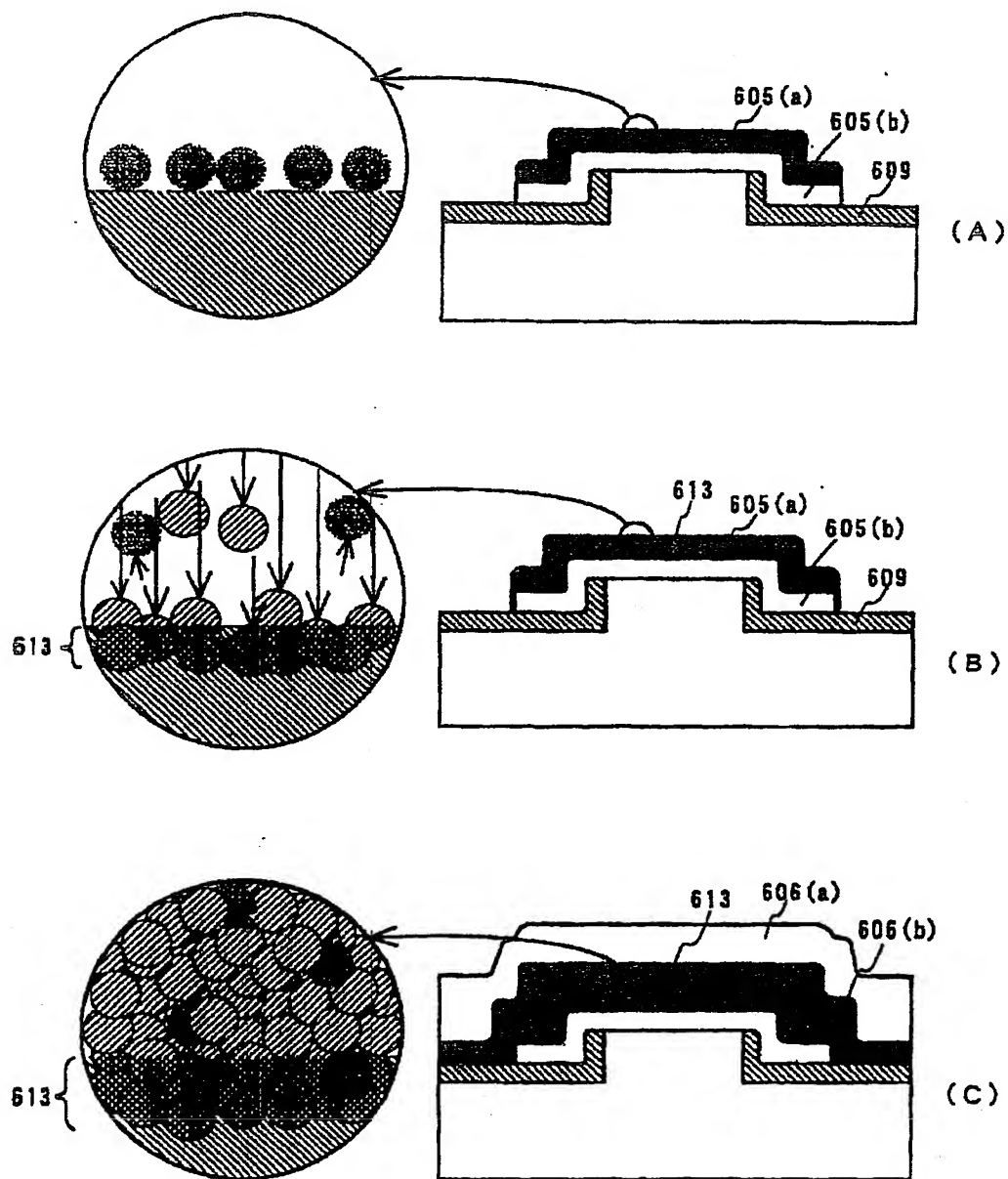


图 6

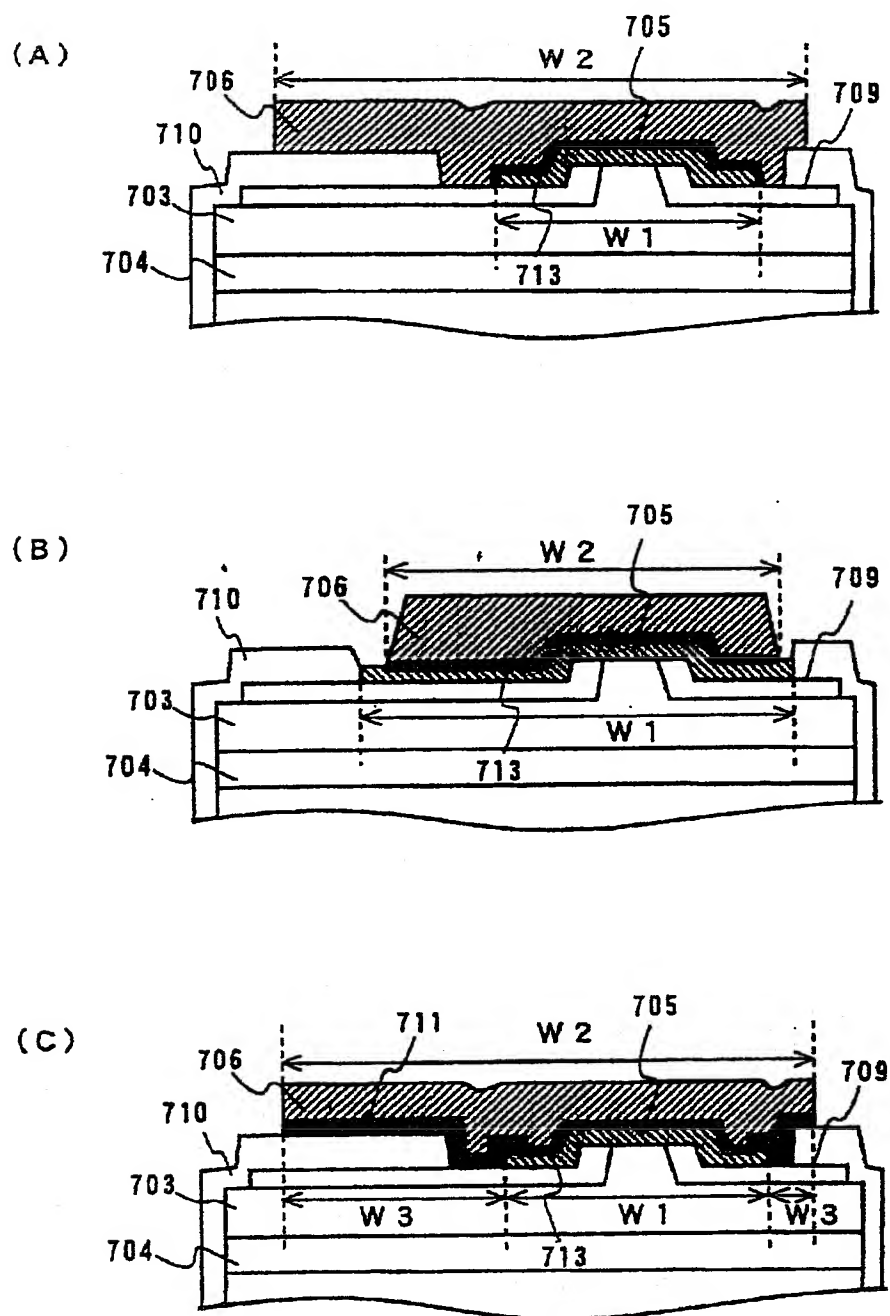


图 7



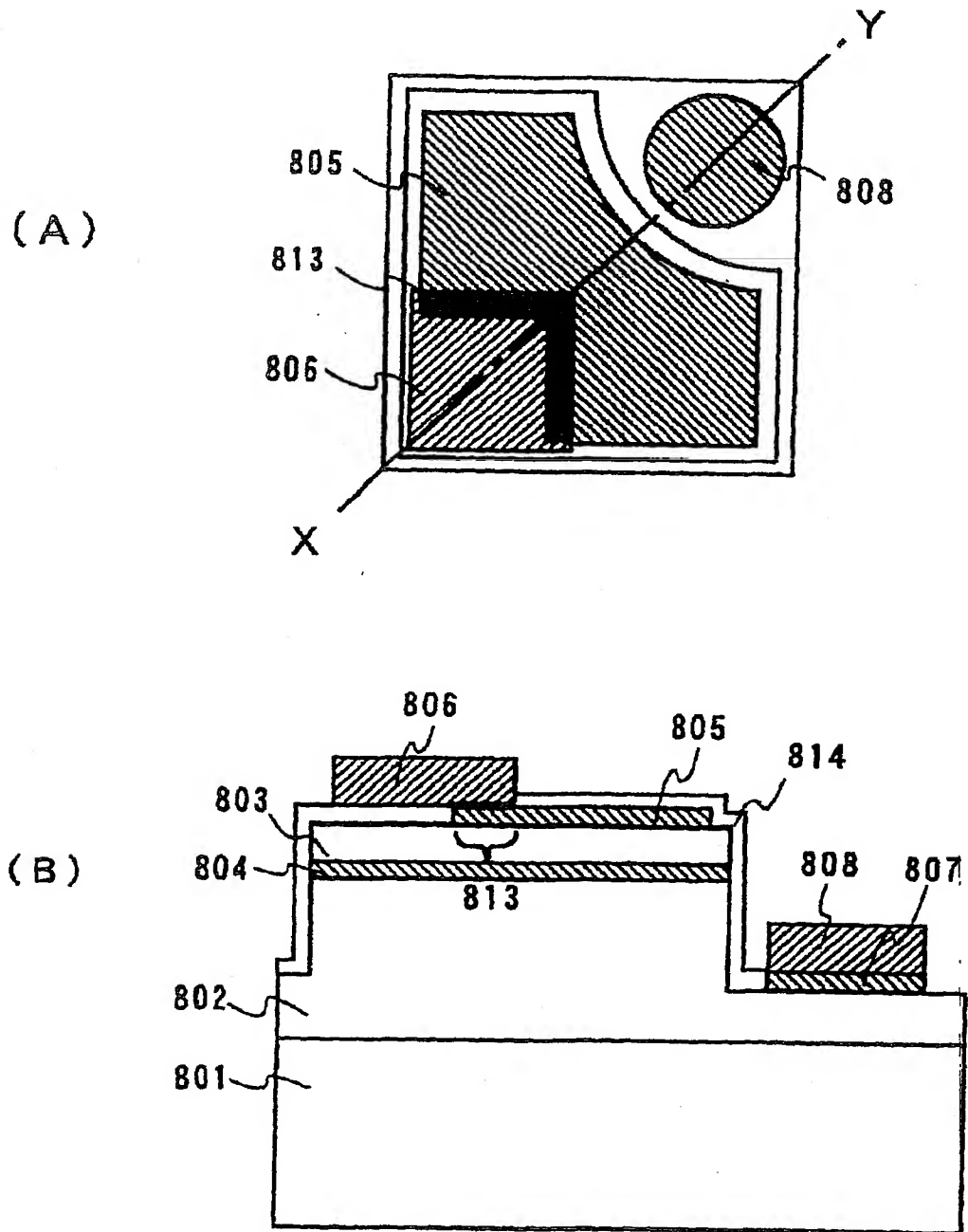


图 8